

FACULTÉ DE MEDECINE DE PARIS

Année 1925

THÈSE

N° 74

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Jean DUBAR

Né le 23 Janvier 1898, à Armentières (Nord)

RECHERCHES

SUR LE

CHAMP VISUEL DES VERTÉBRÉS

ÉTUDE DE PHYSIOLOGIE COMPARÉE

Président : M. CH. RICHET, Professeur

PARIS

LIBRAIRIE LOUIS ARNETTE

2, RUE CASIMIR-DELAVIGNE, 2

1925

15

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

Année 1925

THÈSE

N°

POUR LE

DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Jean DUBAR

Né le 23 Janvier 1898, à Armentières (Nord)

RECHERCHES

SUR LE

CHAMP VISUEL DES VERTÉBRÉS

ÉTUDE DE PHYSIOLOGIE COMPARÉE

Président : M. CH. RICHET, Professeur

PARIS

LIBRAIRIE LOUIS ARNETTE

2, RUE CASIMIR-DELAUVIGNE, 2

1925

I. — PROFESSEURS

	MM.
Anatomie	NICOLAS.
Anatomie médico-chirurgicale	CUNÉO.
Physiologie	Ch. RICHET.
Physique médicale	André BROCA.
Chimie organique et chimie générale	DESGREZ.
Bactériologie	BEZANÇON.
Parasitologie et histoire naturelle médicale.	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	Marcel LABBÉ.
Pathologie médicale	SICARD.
Pathologie chirurgicale	LECENE.
Anatomie pathologique	LETULLE.
Histologie	PRENANT.
Pharmacologie et matière médicale	RICHAUD.
Thérapeutique	CARNOT.
Hygiène.	Léon BERNARD.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	MENETRIER.
Pathologie expérimentale et comparée	ROGER.
	GILBERT.
Clinique médicale.	CHAUFFARD.
	ACHARD.
	WIDAL.
Hygiène et clinique de la première enfance.	MARFAN.
Clinique des maladies des enfants	NOBECOURT.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	JEANSELME.
Clinique des maladies du système nerveux.	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	TESSIER.
	DELBET.
Clinique chirurgicale.	HARTMANN.
	LEJARS.
	GOSSET.
Clinique ophtalmologique	De LAPERSONNE.
Clinique urologique	LEGUEU.
	COUVELAIRE.
Clinique d'accouchements	BRINDEAU.
	JEANNIN.
Clinique gynécologique	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie.	BROCA Auguste.
Clinique thérapeutique médicale	VAQUEZ.
Clinique oto-rhino-laryngologique	SEBILEAU.
Clinique thérapeutique chirurgicale.	DUVAL.
Clinique propédeutique.	SERGEANT.

II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.
RAMI . . . Pathologie médicale.
GLAVE . . . Pathologie chirurgicale.
BERTIN . . . Pathologie médicale.
SSET . . . Pathologie chirurgicale.
UDOUIN . . . Pathologie médicale.
ET . . . Physiologie.
CHETIÈRE . . . Chimie biologique.
ANCA . . . Histologie.
ULÉ . . . Pathologie médicale.
SQUET . . . Pharmacologie et ma-
tière médicale.
DENAT . . . Pathologie chirurgicale.
AMPY . . . Histologie.
IRAY . . . } Pathologie médicale.
ERC . . . }
BRÉ . . . Hygiène.
de JONG . . . Anatomie pathologique.
VOIR . . . Médecine légale.
ALLE . . . Obstétrique.
SSINGER . . . } Pathologie médicale.
IX . . . }
RNIER . . . Pathologie expérimentale.
RVIER . . . Pathologie médicale.
ITZ-BOYER Urologie.
VELACQUE Anatomie.
YEUX . . . Parasitologie.

MM
LABBÉ(Henri). Chimie biologique.
LARDENNOIS. Pathologie chirurgicale.
LE LORIER. . . Obstétrique.
LEMAITRE . . . Oto-rhino-laryngologie
LEMIERRE . . . Pathologie médicale.
LEVY-SOLAL. Obstétrique.
LHERMITTE . Pathologie mentale.
LIAN. Pathologie médicale.
MATHIEU . . . Pathologie chirurgicale.
METZGER. . . Obstétrique.
MOCQUOT . . . }
MONDOR. . . } Pathologie chirurgicale.
MOURE. . . }
MULON . . . Histologie.
PHILIBERT. . Bactériologie.
RIBIERRE . . . Pathologie médicale.
RICHEL Fils . Physiologie.
ROUVIERE . . Anatomie.
STROHL . . . Physique médicale.
TANON . . . Pathologie médicale.
TIFFENEAU . Pharmacologie et ma-
tière médicale.
VAUDESCAL . Obstétrique.
VERNE . . . Histologie.
VILLARET . . Pathologie médicale.
WELTER. . . Ophtalmologie.

III. -- AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

pour le service des examens

MM.
MUS . . . Physiologie.
UGEROT. . . Pathologie médicale.
ÉNIOT. . . Obstétrique.

MM.
RETTERRER. . Histologie.
ROUSSY . . . Anatomie pathologique.

IV — AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE

à titre permanent

MM.		MM.	
AUVRAY . . .	} Clinique chirurgicale.	OMBRÉDANNE	Clinique chirurgicale infantile.
CHEVASSU . .		PROUST . . .	Clinique chirurgicale.
LAIGNEL-LAVASTINE . .	Clinique médicale.	RATHERY . . .	Clinique médicale.
LEREBOLLET . . .	Clinique médicale infantile.	SCHWARTZ . .	Clinique chirurgicale.
LÉRI	} Clinique médicale.	TERRIEN . . .	Clinique ophtalmologique.
LŒPER			

V. — CHARGÉS DE COURS

MM. MAUCLAIRE, agrégé	}	Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidentés de guerre, les mutilés de guerre et les adultes.
FREY		Stomatologie.
N...		Education physique.
LEDOUX-LEBARD		Radiologie clinique.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les épreuves émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni

A LA MÉMOIRE DE MON GRAND-PÈRE

LE DOCTEUR J.-B. B. DUBAR

Chirurgien de l'Hôpital d'Armentières (1835-1915)

A LA MÉMOIRE DE MON COUSIN

MAX RIBET

Externe des Hôpitaux de Lille (1892-1916)

A MON PÈRE

LE DOCTEUR LÉON DUBAR

Ancien Chirurgien de l'Hôpital d'Armentières

A MON PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR CHARLES RICHET

Membre de l'Institut

Membre de l'Académie de Médecine

A MONSIEUR LE DOCTEUR ROCHON-DUVIGNEAUD

Ophthalmologiste de l'Hôpital Laënnec

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BOURDELLE

de l'Ecole d'Alfort

AVANT PROPOS

Ce travail a sa source dans ceux du D^r Rochon-Duvigneaud sur la vision des animaux. Pour déterminer chez ceux-ci l'étendue du champ visuel de chaque œil et pour connaître la zone qui leur est commune et où la vision est probablement binoculaire comme chez l'homme, il a imaginé d'employer l'élégant procédé objectif qui consiste à suivre directement l'image transclérale formée par une source lumineuse, dont les excursions dans le champ visuel sont repérées à l'aide de l'arc périmétrique, de la même façon qu'on repère chez l'homme les positions du test-objet, quand on mesure l'étendue du champ visuel en se confiant aux sensations subjectives de l'examiné.

On obtient ainsi un schéma du champ visuel *anatomique*, qui donne une idée certainement tout à fait proche de ce que peut être le champ visuel physiologique tel qu'on l'obtiendrait s'il était possible d'employer chez l'animal les procédés qui s'appuient sur les perceptions conscientes.

La méthode s'est montrée excellente chez les oiseaux. Son emploi chez les mammifères, auquel nous nous

sommes attaché, était plus difficile et demandait une adaptation spéciale en raison du volume, de la résistance propre et des rapports anatomiques des globes de ces animaux.

La connaissance d'un nombre suffisant de champs visuels binoculaires permettra une revision, fondée sur des données positives, de la question des connexions centrales de la rétine. Le faisceau croisé et le faisceau direct des divers chiasmas optiques pourront être étudiés à la lumière des données de la physiologie.

L'intérêt de ces questions si vivantes est encore accru d'ailleurs par leur nouveauté. Nous n'avons eu connaissance que de travaux très peu nombreux sur le sujet, c'est pourquoi l'historique de la question sera bref ; notre travail était d'ailleurs entièrement construit quand nous avons eu connaissance de plusieurs de ces travaux, qu'on ne trouve pas dans les bibliothèques françaises.

Ce sont les méthodes et les appareils que nous voulons décrire ici. Nous donnerons ensuite les quelques résultats que nous avons obtenus chez les mammifères domestiques. Ces résultats ne doivent être regardés que comme ceux d'une étude préliminaire que nous comptons poursuivre, préciser et compléter en perfectionnant notre technique. Nous verrons ce qu'il est possible d'en tirer pour l'instant pour la connaissance du champ commun aux deux yeux chez les animaux.

Nos conclusions seront très réservées et forment plutôt l'exposé d'une série de nouveaux problèmes à éclaircir.

Que M. le docteur Rochon-Duvigneaud, le maître de l'hôpital Laënnec et de la fondation ophtalmologique Ad. de Rothschild, qui nous a initié à ses recherches sur l'anatomie et la physiologie comparées de la vision, reçoive ici l'expression de notre vive reconnaissance ; nous sommes heureux de le remercier des conseils pleins de claire précision qu'il nous a toujours donnés.

Nous remercions bien vivement M. le Pr Bourdelle, qui, non content de nous ouvrir largement son laboratoire d'anatomie de l'Ecole d'Alfort, nous a fait profiter de ses vastes connaissances de l'anatomie animale, à laquelle il a apporté tant de précisions et de faits nouveaux, et a dirigé nos recherches chez les gros mammifères domestiques. C'est grâce à lui que nous avons pu entreprendre la construction du grand appareil périmétrique que nous décrivons.

Notre reconnaissance est acquise à nos premiers maîtres en médecine de la Faculté de Lille, à MM. les professeurs Combemale et Georges Gérard, qui nous ont montré l'art de la clinique et la science de l'anatomie, Pierre Combemale, qui a été pour nous un guide affectueux et éclairé, et particulièrement à M. le professeur Raviart, à qui nous gardons notre plus vive gratitude.

Nous remercions nos maîtres en ophtalmologie de la bienveillance qu'ils nous ont toujours témoignée :

Le docteur Polack, qui nous a longuement introduit aux délicates questions de l'optique physiologique et spécialement à celle du chromatisme de l'œil, brillamment mise au point dans le rapport à la Société d'Oph-

talmologie de Paris et qui nous a montré l'importance
de la réfraction en oculistique,

le docteur Dupuy-Dutemps,

le docteur de Spéville, qui nous a fait profiter de sa
grande expérience de clinicien,

les docteurs Mawas et Duclos,

Nous adressons nos remerciements au Professeur
Charles Richet pour l'intérêt qu'il a marqué à notre
thèse en acceptant de la présider.

CHAPITRE I

LES TRAVAUX DU D^r ROCHON-DUVIGNEAUD SUR LA VISION DES ANIMAUX

Les travaux du docteur Rochon-Duvigneaud forment la base originale et méthodique d'une étude de la vision comparée chez les animaux.

Nous allons essayer d'exposer ceux qui concernent le champ visuel ou qui mènent à son étude.

Depuis une dizaine d'années, M. Rochon-Duvigneaud a abordé la question de la vision des vertébrés ; il a été l'animateur de cette étude, qui avait été négligée en France au point de vue spécial qui nous occupe ; il a mis en évidence l'importance des relations fonctionnelles entre les deux yeux, la possibilité de leur indépendance relative ou de leur association plus ou moins étendue, qui peut exister même entre les deux yeux de certains animaux qui semblent tout à fait latéraux.

Indépendance et Association

L'état d'indépendance ou d'association des yeux doit être étudié séparément aux différents points de vue des mouvements du globe, des réactions pupillaires, des réflexes oculaires en général, et surtout au point de vue des champs visuels de chaque œil et du champ commun aux deux yeux.

L'indépendance des mouvements est manifeste à première vue chez certains poissons tels les *Lepadogaster* : « l'œil est généralement assez mobile, ses mouvements assez fréquents et assez rapides pour que nous puissions acquérir très facilement la notion précise de leur complète indépendance, équivalente à celle du caméléon ».

Par contre, dans d'autres cas, on peut observer chez certains poissons telle la brème, des mouvements associés : cette étude reste presque entièrement à entreprendre.

L'indépendance des réactions pupillaires amène à des constatations inattendues : alors que chez les mammifères ces réactions paraissent associées quelle que soit la divergence des yeux, chez les oiseaux elles restent indépendantes aussi bien chez les rapaces de nuit, « dont les yeux se présentent presque de face et paraissent nous regarder simultanément » que chez ceux dont les yeux sont dirigés plus latéralement comme chez les gallinacés.

Cette indépendance si remarquable des pupilles chez les oiseaux avait induit M. Rochon-Duvigneaud à pen-

ser que leurs foveas étaient également indépendantes, c'est-à-dire, voyaient monoculairement à droite et à gauche ; cela est certainement vrai pour les foveas centrales de la plupart des oiseaux. Mais une grande difficulté subsistait : comment croire à l'indépendance des foveas chez les rapaces nocturnes qui, non seulement, de leurs gros yeux immobiles, paraissent bien regarder en face d'eux, des deux yeux à la fois, mais encore portent la fovea unique de chacune de leurs rétines tout près du bord latéral externe de cette membrane, disposition qui est évidemment de nature à permettre aux lignes visuelles de ces deux foveas de converger sur un même point placé devant l'animal, à une distance sans doute peu considérable ?

C'est pour trancher expérimentalement cette question que le docteur Rochon-Duvigneaud sur une tête de chouette réséquée transversalement derrière les yeux, examina les images transclérales et réalisa la méthode qui lui a permis l'étude des champs visuels anatomiques et des lignes visuelles fovéales.

« Si l'on veut connaître avec quelque précision la vision d'un poisson, d'un oiseau ou d'un mammifère, il faut de toute évidence réussir à déterminer l'amplitude du champ visuel de chaque œil et, de plus, le mode d'association de ces deux champs visuels, c'est-à-dire leur indépendance, si tant est qu'elle existe jamais, ou bien, au contraire, l'étendue, variable suivant les espèces, dans laquelle ils coïncident. »

« Cette même connaissance des champs visuels et de leur rapport, n'est pas moins nécessaire si l'on veut élu-

cider la question du chiasma et des connexions des rétines avec les centres chez une espèce donnée. »

Pour mesurer l'étendue du champ visuel, M. Rochon-Duvigneaud a étudié l'image vue à travers la sclérotique sur l'œil suffisamment dégagé de son enveloppe orbitaire sur l'animal qui vient d'être sacrifié.

Méthode du champ visuel anatomique

« La recherche du champ visuel se fait dans la chambre noire au moyen du périmètre et d'une forte ampoule électrique mobile au bout d'un long conducteur ». Quand les yeux sont examinés en place dans leur orbite, la partie postérieure du crâne est enlevée et les segments postérieurs des globes soigneusement mis à nu.

La méthode « consiste dans l'examen de l'excursion des images transclérales suivant les déplacements de la source lumineuse le long de l'arc périmétrique. » La tête est placée au centre du périmètre et le bec dirigé vers le zéro de la graduation. En opérant dans un plan horizontal, la lampe placée au centre du périmètre, il se forme une petite image au fond de chacun des deux yeux de l'oiseau étudié; si alors un aide déplace la lampe latéralement, il viendra un instant où l'image formée dans l'œil situé du côté opposé au mouvement de la lampe disparaîtra.

En déplaçant la lampe de l'autre côté, le même phénomène se produira dans l'autre œil et l'écart entre les deux positions extrêmes où l'image était perceptible, donne l'étendue du champ visuel binoculaire.

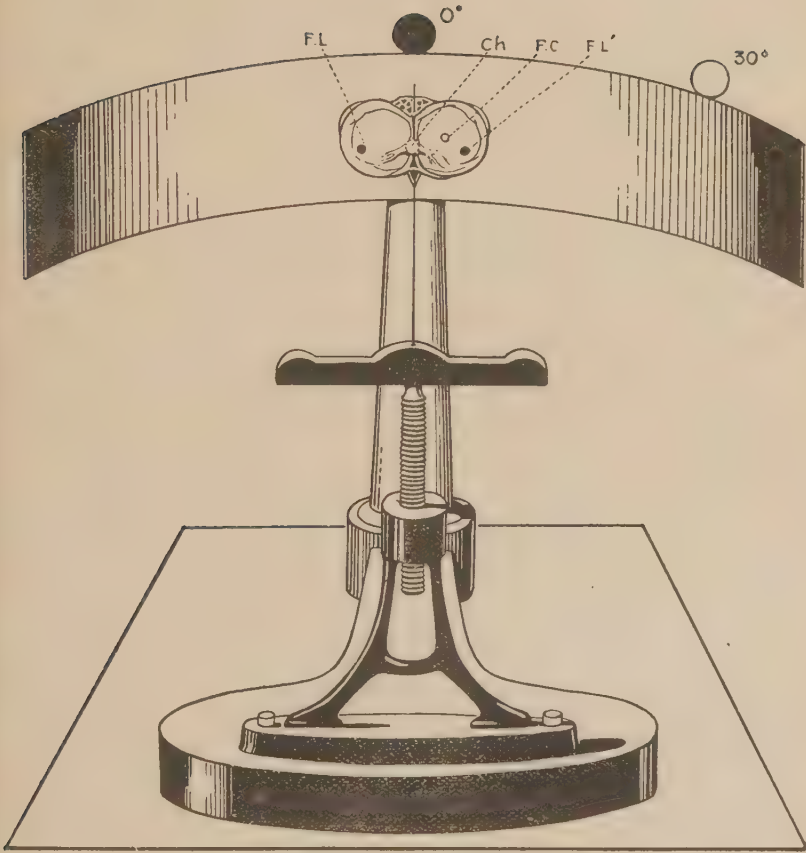


Fig. I (ROCHON-DUVIGNEAUD). — Tête de faucon fixée pour l'étude du champ visuel au centre du périmètre. La partie postérieure du crâne a été réséquée et la sclérotique mise à nu.

Ensuite, en déplaçant la lampe de plus en plus périphériquement vers la partie postérieure de la tête de l'animal, elle finira par occuper une position au-delà de laquelle elle sortira de nouveau du champ visuel de l'œil étudié ; et alors son image transclérale cessera d'être visible : c'est la limite du champ visuel anatomique monoculaire de cet œil.

L'excursion de l'image rétinienne vue à travers la sclérotique est absolument limitée, comme nous l'avons pu montrer, à l'ora serrata, la zone du corps ciliaire est opaque à la lumière.

« Nous ne voyons aucune raison (à part les obstacles extérieurs créés par le museau ou le bec) pour que le champ visuel anatomique ne coïncide pas avec le champ visuel physiologique de l'œil en place dans l'orbite. »

Etudiant par cette méthode le champ visuel monoculaire et binoculaire des oiseaux, M. Rochon-Duvigneaud a obtenu une série de résultats qui ont affirmé l'opinion d'un champ visuel binoculaire d'une certaine importance chez ces oiseaux, champ binoculaire avec lequel l'indépendance fonctionnelle des mouvements pupillaires ne semblait pas compatible. Les mesures des champs ont été faites dans le plan horizontal.

Chez le **Pigeon**, aux yeux presque complètement latéraux, le champ visuel binoculaire est d'environ 30° et le champ monoculaire d'environ 150°, ce qui donne un champ total de 300° et fait considérer le pigeon comme réalisant la légende d'Argus :

« Centum luminibus cinctum caput Argus habebat. »

Chez le **Faucon crécerelle** le champ binoculaire est d'environ 50°, le champ monoculaire de 110°, mais cet oiseau possède deux foveæ, tandis que le pigeon n'en possède qu'une seule, située au centre de la rétine.

La **Chouette effraie** a 60° de champ visuel binoculaire et 80° de champ monoculaire, ce qu'on peut expliquer par la forme en tube de l'œil de cet oiseau.

Un mammifère, le **cobaye**, a été compris dans la même étude : il possède 20° de champ binoculaire et un champ monoculaire de 120°.

Et nous pouvons résumer ces résultats dans le tableau suivant :

<i>Animal</i>	<i>champ binoculaire</i>	<i>champ monoculaire</i>	<i>champ total</i>	<i>fovée</i>
Pigeon.....	30°	150°	300°	centrale
Faucon crécerelle	50°	110°	220°	double
Chouette effraie .	60°	80°	160°	périphérique
Cobaye.....	20°	120°	240°	

Les essais faits chez les poissons n'ont pas donné les résultats attendus à cause de l'opacité de l'épithélium rétinien chez les individus considérés. Nous avons eu l'occasion de constater qu'il en était de même chez certains individus d'espèces tout à fait différentes.

Tous les vertébrés examinés jusqu'ici possèdent un champ de vision commune aux deux yeux et ces recherches ont amené le docteur Rochon-Duvigneaud aux conclusions que voici : « Les vertébrés inférieurs et les oiseaux ont des champs visuels binoculaires plus ou moins étendus et souvent assez étendus sans que leur chiasma se complète par un faisceau direct.

Il est au contraire démontré, depuis longtemps, que les mammifères ont un faisceau direct d'autant plus développé que leurs champs visuels coïncident plus largement pour la vision binoculaire.

Il faut que les connexions avec les centres optiques dans l'épaisseur même de la masse encéphalique soient d'une nature différente chez les uns et les autres : « la collaboration des yeux immobiles ne peut être la même que celle des yeux à mouvements associés. »

CHAPITRE II

HISTORIQUE

De nombreux physiologistes et des physiciens tels que Newton et d'Alembert se sont occupés de la vision des animaux. La question du champ visuel ne paraît avoir été longtemps l'objet que d'observations fortuites. On avait remarqué cependant la grande étendue du champ visuel du cheval en arrière et on lui avait imposé les œillères pour supprimer probablement cette faculté que les conducteurs considéraient comme gênante.

Avec JOHANNES MULLER, dans sa physiologie comparée de la vision, le problème est posé scientifiquement. Muller, en étudiant la constitution du chiasma, a indiqué la relation entre sa formation et les champs visuels des deux yeux ; il regardait d'ailleurs comme probable l'existence de champs visuels indépendants.

« Dans la position tout à fait latérale des yeux, comme chez les cétacés et chez certains poissons, l'identité partielle des deux champs visuels cesse : il doit y avoir une différence correspondante dans les nerfs optiques et le

chiasma. Aux deux extrêmes, nous aurons l'homme qui a deux champs identiques et les poissons, dont les champs visuels sont complètement indépendants, qui ont un chiasma à décussation complète ». Müller, p. 113.

Müller a montré encore que l'image d'une fenêtre se formait sur le fond de l'œil qu'on place devant elle ; pour voir cette image il enlevait une partie de la coque du globe ; de plus en opérant simultanément sur les deux globes, il a pu voir l'image sur l'un et l'autre œil à la fois, tant qu'il n'approchait pas trop de la fenêtre qui joue le rôle d'objet lumineux. C'est cette expérience qui sera utilisée par Tschermak pour l'étude directe du champ visuel binoculaire de plusieurs petits vertébrés.

Enfin Müller a mesuré, chez un très grand nombre d'animaux, l'angle que forment entre eux les plans déterminés par les rebords de l'orbite ; il regardait ce plan comme perpendiculaire à l'axe de l'œil qu'il calculait par leur intermédiaire. Ces mesures, considérées comme classiques par les physiologistes allemands, ne sont pas exactes en ce qui concerne l'angle formé par les axes oculaires entre eux.

Nous aurons l'occasion de revenir sur cet angle des axes oculaires qui permettra de fixer approximativement l'étendue du champ visuel binoculaire chez les gros mammifères, chez qui son étude sur les deux yeux en place ne nous a pas encore été possible.

Cinquante ans après Johannes Müller, en Hollande, GROSSMANN et MAYERHAUSEN, ont publié une étude systématique sur le champ visuel des mammifères ; ils

font remarquer que les axes oculaires, qui constituent le principal objet de leur travail, ne sont pas exactement perpendiculaires aux plans orbitaires, d'autant moins qu'ils ne sont généralement pas dans un plan horizontal.

Partant du champ visuel de l'homme comme terme de comparaison, ils mesurent chez les mammifères l'angle d'ouverture des cornées et la divergence des axes oculaires. Chez ceux où la chose a été possible, ils ont mesuré également l'angle que forme cet axe oculaire avec l'axe visuel réel, ou angle « gamma ».

Les mesures sont faites dans le plan horizontal. La méthode est basée sur ce principe que : « un rayon lumineux, qui, après réflexion sur un miroir, retourne vers sa source, coïncide avec le rayon de courbure du miroir et est normal à son point de contact avec celui-ci ». Les auteurs visent chacun un point périphérique de la cornée à travers la partie bleue, non éclairante, d'une flamme de gaz, et ils repèrent ainsi l'image réfléchie d'un tube de verre brûlant dans la partie supérieure de la flamme en donnant une lumière jaune bien visible.

Les deux sources lumineuses sont portées par un même arc gradué sur lequel elles sont mobiles : cet arc permet de lire immédiatement l'angle d'ouverture de la cornée examinée, dès que la coïncidence des sources et des images jaunes est obtenue ; cette coïncidence marque la normale à la périphérie de la cornée dans le plan horizontal.

Pour connaître l'angle que forment les axes oculaires

entre eux, ils déterminent les normales au centre des cornées qu'ils considèrent comme correspondant à ces axes : les sources sont portées alors par deux viseurs munis d'un cadran gradué, chaque viseur est dirigé vers le centre de la cornée qui se présente devant lui par un opérateur qui cherche à obtenir la coïncidence entre la source et l'image. Les deux viseurs sont réunis au niveau de leur pivot par un corde bien tendue ; quand la coïncidence est obtenue, cette corde forme la base d'un triangle dont les deux angles adjacents sont donnés par les demi-cercles gradués et permettent de calculer la valeur de la divergence des yeux.

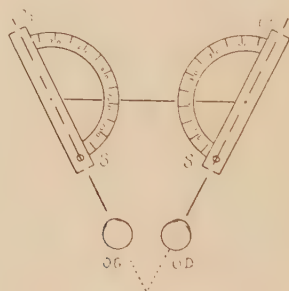


Fig. II (d'après GROSSMANN et MAYERHAUSEN). — Appareil pour la mesure optique de la divergence des axes oculaires.

O¹ premier observateur,
O² second observateur,
S source lumineuse.

Des animaux très nombreux ont ainsi été étudiés au Jardin Zoologique d'Amsterdam, toute une série de singes en particulier.

Voici les résultats obtenus chez les mammifères domestiques :

Animal	divergence des axes :		angle gamma	ouverture de la cornée
	sans fixation	avec fixation		
Cheval....	120°	112°	65°	—
Chien.....	56°	40°	126°	98°
Chat.....	45°	—	—	97°
Lapin	135°	—	—	112°
Homme...	10°	0°	5°	—

Par comparaison avec l'œil humain, Grossmann et Mayerhausen ont cherché à déterminer le champ visuel binoculaire ; ils ont ainsi obtenu pour le lapin un champ d'environ 20°. Nous verrons que ce chiffre n'est pas très éloigné de celui qu'on trouve par des méthodes directes : le procédé est donc susceptible d'être employé pour des évaluations approchées.

LINDSAY-JOHNSON a fait une étude comparative de l'œil de l'homme et des animaux. Il a mesuré des divergences des axes optiques à l'aide d'un goniomètre et a obtenu ainsi pour :

Le chien : de 30° à 50° de chaque côté de l'axe de la tête ;

Le chat : de 14° à 18°.

Comme les auteurs précédents il manque pour le chien une indication fondamentale, c'est celle de la race du chien étudié : les axes oculaires d'un lévrier et ceux d'un King Charles ont des divergences très différentes, le chien ne constitue point un type morphologique aussi défini que le cheval.

Dans son *Traité des maladies des yeux de l'Encyclopédie de chirurgie vétérinaire*, BAYER en parlant du

cheval cite quelques faits intéressants qu'il a relevés chez Dexler et chez Berlin, et des mesures des angles oculaires et orbitaires de KOSCHEL :

<i>Animaux</i>	<i>Angles des axes</i>	
	<i>orbitaires</i>	<i>oculaires</i>
Cheval.....	115°	137°
Bœuf.....	94°	119°
Mouton.....	129°	134°
Porc.....	85°	118°
Chien.....	79°	92°
Chat.....	49°	77°
Homme (d'après Emmert).	42°	10°

Ces chiffres, vérifiés, pourront contribuer à l'évaluation du champ visuel binoculaire et du champ visuel total chez les animaux pour lesquels l'étude de l'œil énucléé seule nous a été possible jusqu'ici.

Sur le champ visuel physiologique voici les observations de DEXLER qui nous ont été confirmées par des hommes ayant une grande habitude du cheval : « un cheval qu'on appelle et auquel on tend un morceau de sucre, ne tourne pas la tête de côté mais présente le front et fixe la main aussi longtemps qu'elle n'arrive pas à 1 mètre ou 1 m. 50 du bout de son nez ; il semble alors qu'il ne peut ou ne veut plus converger, il tourne la tête de côté et cherche à attraper l'objet ». D'autre part, « si on approche d'un cheval qui paît, en venant par derrière, à 20 ou 30 mètres, sitôt qu'on est arrivé à la périphérie de son champ visuel, il tourne la tête de manière à nous voir avec les deux yeux, tandis qu'une rotation beaucoup plus petite aurait suffi pour nous apercevoir avec un seul œil.

Les bœufs font exactement de même. Les chevaux qui ont peur d'un objet, dirigent toujours la tête de manière que leurs deux yeux se dirigent vers l'objet de leur crainte ».

D'après les études de Dexler, qui a fait des coupes congelées, le cheval a sa plus grande étendue du champ visuel binoculaire quand il regarde non horizontalement mais légèrement en bas, bien au-dessus de son nez, toutefois.

Berlin appelle les mammifères sauteurs comme le cheval des « virtuoses de l'évaluation de la distance », et cite les chamois qui franchissent en pleine fuite, des fentes de glacier entre lesquelles ils doivent reprendre leur bond sur un espace de glace où ils peuvent à peine poser leurs pieds. C'est à la grande base, formée par la distance entre les deux yeux que Berlin attribue cette perception de la profondeur ; l'expérience y joue cependant un rôle qui n'est pas négligeable, ainsi qu'en témoigne l'exemple du cheval borgne primé au concours de sauts d'obstacles.

Dexler a encore étudié le trajet des fibres dans le chiasma par la méthode de la dégénérescence. Il a constaté ainsi un entrecroisement partiel, chez un poulain, énucléé à l'âge de deux jours et sacrifié au bout de trois mois.

Avec ARMIN VON TSCHERMAK la question du champ visuel des vertébrés était entrée dans une phase précise d'expérimentation directe.

Malheureusement ses travaux n'ont pas été connus en France comme ils l'auraient mérité et dans son traité

Carl Hess ne dit pas un mot des méthodes employées par ce physiologiste.

Reprenant l'idée de Müller, Tschermak prépare la tête d'un animal sacrifié, dégage le pôle postérieur de chaque œil, y pratique une ouverture scléroticale et observe ainsi l'image formée au fond des yeux par une fenêtré bien éclairée. Il s'était donc servi un des premiers de la méthode que, de son côté, M. Rochon-Duvigneaud a imaginée plus récemment pour étudier d'abord les lignes visuelles foveales de la chouette et immédiatement après, l'ensemble du champ visuel des vertébrés. En approchant la tête de la source lumineuse, Tschermak détermine jusqu'à quelle distance l'image se forme dans les deux yeux simultanément, c'est-à-dire jusqu'à quelle distance du bout du nez ou du bec, l'animal peut voir binoculairement. A l'aide de l'arc périmétrique, il a cherché aussi en inclinant plus ou moins la tête, l'étendue du champ visuel dans le plan qui correspond au champ binoculaire maximum. Voici les résultats :

<i>Animal</i>	<i>Point le plus rapproché du nez où l'image est binoculaire</i>	<i>Champ total binoculaire</i>
Lapin albinos....	1 cm. du nez	environ 34°
Rat albinos..	au bout du nez	environ 50°
Poule grande....	2 cm. 5 du bec	environ 15°
Pigeon grand....	2 cm du bec	environ 20°
Grenouille... ..	au bout du nez	non déterminé
Carpe.	1 cm. devant le museau	environ 5°

(en tout cas plusieurs degrés)

En ce qui concerne le champ visuel binoculaire postérieur, dont l'existence possible a été mentionnée chez

le lapin et le rat, Tschermak propose des expériences nouvelles pour résoudre cette question.

Pour le champ visuel de la carpe, l'étude a été faite sous l'eau la lampe-objet immergée !

Un fait d'observation est à noter : « la hauteur à laquelle les animaux lèvent la tête avant de saisir leur nourriture (Pickhöhe), mesure le point de croisement du champ visuel binoculaire devant la tête ».

Il obtient ainsi :

pour la poule.....	4 cm. 5
le pigeon...	4 cm.

Des croquis schématiques très clairs figurent les résultats ci-dessus.

Dans l'*Encyclopédie Française d'Ophtalmologie*, KALT expose l'état de la question. Il donne les angles d'ouverture des cornées chez les principaux groupes de mammifères :

Chez l'homme.....	80°
Chez les singes.....	85 à 90°
Chez les carnivores.....	100°
Chez les rongeurs.....	105 à 130°

et fait à ce propos la remarque que voici :

« L'examen direct, l'œil étant énucléé, des images qui se peignent au fond de l'œil, a montré qu'aussi bien chez le lapin que chez l'homme, la portion du champ visuel embrassé par des yeux en apparence si différents, est sensiblement le même ».

Kalt donne également l'indication classique des an-

gles « gamma », que forment l'axe optique avec l'axe visuel :

Homme.....	5°
Singes supérieurs.....	5° (environ)
Lémuriens.....	15°
Carnivores	20 à 26°
Herbivores.....	50 à 65°

PUTTER a rassemblé dans son « Organologie » de l'œil une série de données sur l'angle des axes oculaires ; malheureusement ces mesures sont classées par grands groupes de vertébrés et dans chaque groupe la valeur de l'angle varie considérablement d'une espèce à l'autre. Il signale l'erreur qu'on commettrait en voulant déduire la grandeur du champ visuel binoculaire de l'angle des plans orbitaires de Johan Müller ; il faut, comme Grossmann et Mayerhausen, prendre comme mesure les normales à la cornée ou l'axe optique de l'œil, qui est loin d'être toujours dirigé dans un plan exactement horizontal.

CARL HESS dans son important Traité de physiologie comparée de la vision ne parle pas de l'étendue du champ visuel.

Dans un chapitre sur la vision binoculaire et les mouvements des yeux, il cite cependant les recherches de Tschermak : « A. von Tschermak a eu le mérite, par des recherches périmétriques étendues à tous les vertébrés communs, de démontrer une vision correspondant à un espace de vision binoculaire limité, il est vrai, aux parties temporales les plus externes des deux rétines. Même les animaux qui ont un entrecroisement total des nerfs optiques possèdent ce champ visuel commun ».

CHAPITRE III

MÉTHODES DE MESURE DU CHAMP VISUEL CHEZ LES ANIMAUX

Dans l'impossibilité de nous en rapporter aux sensations subjectives de l'animal, telles qu'elles sont étudiées chez l'homme dans les procédés périmétriques ordinaires, nous nous sommes servi de la *méthode du champ visuel anatomique*, que M. Rochon-Duvigneaud avait imaginé d'employer chez les oiseaux, procédé objectif que nous avons décrit à propos de ses travaux et qui consiste dans l'examen de l'excursion de l'image transclérale donnée par une source lumineuse puissante placée devant l'œil, suivant les déplacements de cette source le long de l'arc périmétrique.

La méthode est basée sur ce principe que l'étendue du champ visuel est limitée à la périphérie par la disparition des images transclérales au niveau du corps ciliaire, dont l'opacité empêche de voir l'image au-delà de l'ora serrata. Nous avons eu l'occasion de vérifier ce fait chez le cheval, le chien et le lapin, que nous étudions, et, de

plus, un œil de chien albinos qui s'éclairait comme une demi-sphère rose quand on plaçait devant sa cornée une source lumineuse, dessinait très nettement de cette façon, à travers la sclérotique, les limites de son corps ciliaire, qui se montrait absolument opaque dès que les excursions de la source amenaient l'image à son niveau.

Nous n'avons pas noté la formation d'une image rétinienne par réflexion dans l'angle irien, que signale Sulzer : un écran qui ne laisse accéder la lumière qu'au sommet de la cornée diminue l'éclat de l'image du fond de l'œil mais ne la supprime pas.

La source lumineuse placée devant la cornée décrivait dans chaque méridien successif, un arc de cercle limité par la disparition de l'image transclérale : le repérage de ces positions successives nous a donné l'étendue du champ visuel monoculaire.

Pour le champ binoculaire, il était déterminé, comme nous l'avons vu, par le repérage des positions-limite de la source lumineuse correspondant à la formation simultanée d'une image dans les deux yeux ; l'espace ainsi mesuré correspond au champ visuel commun.

Modes d'applications de la méthode anatomique

Il faut dans la pratique recourir à différents procédés pour arriver à suivre les images transclérales sur le fond des yeux.

L'application de la méthode doit varier pour s'adapter à l'animal en observation et, chez un même animal, sui-

vant qu'on voudra étudier le champ visuel binoculaire ou le champ visuel d'un seul œil.

Pour les mammifères, en particulier, les rapports anatomiques des globes oculaires, leur mode d'attache dans l'orbite, leurs insertions musculaires et la rigidité propre de leur coque sclérale, enfin le volume de la tête, modifieront les conditions d'application de la méthode.

PROCÉDÉ DES YEUX EN PLACE

Le premier procédé, qui a donné les meilleurs résultats à M. Rochon-Duvigneaud chez les oiseaux, et que nous avons employé chaque fois que la chose était possible, consiste à étudier les yeux en place sur la tête isolée, la paroi postérieure des globes mise au nu.

Très élégant pour les oiseaux de proie, dont les globes dirigés en avant, sont maintenus à peu près fixes dans l'orbite par du tissu fibreux et reçoivent une grande rigidité de leur anneau sclérotical osseux, elle devient d'application difficile chez les mammifères parce que la dénudation des globes, qu'exige l'examen de l'excursion des images transclérales, ne peut être pratiquée chez eux sur une grande surface sans les déformer considérablement. Nous avons fait nos essais en deux temps : d'abord, quand la tête était assez petite pour permettre l'étude des yeux en place, chez le lapin ou le chien par exemple, nous avons recherché le champ visuel binoculaire, par l'étude des images produites par une source dans les deux yeux à la fois, après avoir dénudé les

deux globes vers les pôles postérieurs qui sont périphériques par rapport à l'axe optique ; en enlevant les parties molles au niveau qui nous paraissait la zone intéressante, nous avons pu suivre les excursions des images binoculaires.

De la même façon, nous avons recherché par une dénudation du pôle antérieur, le champ visuel binoculaire postérieur du lapin, recherche qui ne nous a d'ailleurs pas permis de conclure ni à l'existence ni à l'absence de ce champ postérieur commun aux deux yeux.

PROCÉDÉ DE L'ŒIL ISOLÉ

Dans un deuxième temps, pour mesurer le champ visuel total de chaque œil, il a fallu procéder par l'étude de l'œil énucléé, soit que le globe ne se maintint pas suffisamment rigide et en place, dès que la dénudation enlevait trop de ses connexions musculaires et fibreuses, soit que le volume de la tête nous ait empêché jusqu'ici de préparer les globes pour l'examen en place. Dans ce dernier cas, pour le cheval par exemple, nous n'avons utilisé que ce second procédé, en nous proposant provisoirement de déterminer le champ visuel commun aux deux yeux en rapportant le champ visuel de chaque œil à l'angle formé par l'axe des deux yeux.

Les yeux ont été suspendus, dans ce second temps, au moyen d'un anneau métallique, épousant la forme du bord scléro-cornéen et tournés la cornée en bas, l'anneau appuyant sur la sclérotique au niveau du corps ciliaire ;

il ne gêne pas l'étude de l'image en cette région qui semble présenter un maximum de résistance sans donner de déformation du globe.

L'anneau étant placé dans un plan horizontal, l'observation des images est fort facile.

En somme, nous avons employé deux modes de suspension des yeux au centre de l'arc périmétrique : les yeux en place normale dans leur loge orbitaire, tant que cela était compatible avec l'étude de l'image donnée par la source lumineuse-objet, et, faute de pouvoir le faire toujours, la suspension du globe énucléé pour l'étude du champ visuel monoculaire, l'œil regardant en bas vers le zéro de l'appareil périmétrique.

Méthode de la lueur pupillaire

Au cours de nos essais de périmétrie chez l'homme par le procédé habituel et chez les animaux par l'étude du champ visuel anatomique, nous avons remarqué que, pour les champs visuels normaux, l'image de la source lumineuse, ou le test, disparaissaient en un point d'où la pupille de l'œil observé cessait d'être visible. Cette visée de la pupille devenant très douteuse à la périphérie, nous avons essayé, à l'aide du petit périmètre que nous décrirons plus loin, et dont le bras mobile portait alors un miroir ophtalmoscopique plan, de suivre, en allant du centre vers la périphérie, la lueur pupillaire qui se produit dans cet éclairage et qui est analogue à celle de la skiascopie ; le point périphérique extrême était noté quand cette lueur venait à disparaître.

La méthode repose sur ce postulat que la position extrême d'où l'on aperçoit la lueur pupillaire marque le point extrême de la périphérie du champ visuel d'où l'animal étudié peut recevoir la lumière.

Malgré quelques divergences de résultats, ce procédé donne un champ visuel « possible » fort voisin de celui que détermine la méthode du champ visuel anatomique et, sans vouloir tirer de ces quelques essais aucune conclusion, il semble qu'il puisse corroborer les résultats obtenus autrement. De plus, s'il se montrait doué d'assez d'exactitude, il serait susceptible d'être employé chez l'animal vivant aux yeux normaux.

CHAPITRE IV

APPAREILS DE MESURE DU CHAMP VISUEL

Le dispositif le plus simple est le périmètre classique, formé d'un arc de cercle tournant sur un axe horizontal.

Il est commode pour l'étude du champ visuel des yeux en place : on fixe le crâne de l'animal sur l'appui-menton, en tournant le nez ou le bec de l'animal vers le centre du périmètre, et un aide déplace la source lumineuse le long de l'arc pendant que l'opérateur suit les déplacements de l'image sur la sclérotique. C'est celui qu'a employé M. Rochon-Duvigneaud chez les oiseaux.

Au cours de ces recherches, cet arc de 180° s'est montré insuffisant pour la mensuration du champ visuel total qui peut atteindre chez certains animaux jusqu'à 300° , comme nous l'avons vu. Il est même insuffisant pour l'étude du champ monoculaire de l'œil énucléé, qui atteint parfois lui-même jusqu'à 220° .

D'autre part, le mode de suspension auquel nous avons été obligé de recourir pour maintenir les globes énu-

clées la cornée en bas, nous a obligé à employer un arc mobile autour d'un axe vertical et portant à sa partie inférieure, au niveau de son point de rotation, le zéro de sa graduation.

Périmètre d'Alfort

Nous avons eu recours d'abord à un cercle périmétrique complet.

Cet appareil, que nous appellerons le périmètre d'Alfort, est destiné à l'étude du champ visuel des gros mammifères domestiques, en particulier de celui du cheval et des bovins, pour qui les essais ne pouvaient être faits au début que sur l'œil énucléé.

L'appareil se compose d'un grand cercle métallique, gradué, tournant autour d'un axe vertical. Le long de ce cercle se déplace un curseur qui porte la source lumineuse puissante, destinée à former l'image au fond de l'œil, qui sera suivie à travers la sclérotique. Un repère indique à chaque instant la position de la source par rapport au zéro de la graduation.

Les déplacements du grand cercle périmétrique autour de son axe dans tous les méridiens successivement, sont indiqués par un autre cercle gradué, placé horizontalement sur la base de l'appareil. L'œil, porté par son anneau, était primitivement suspendu au centre du cercle périmétrique par un bras horizontal fixé au support ; actuellement cet anneau est maintenu au centre du cercle par une suspension verticale, réalisée par M. le Professeur Bourdelle, qui permet un réglage plus exact.

La manœuvre en est très simple : la source lumineuse est déplacée progressivement le long de l'arc tandis que

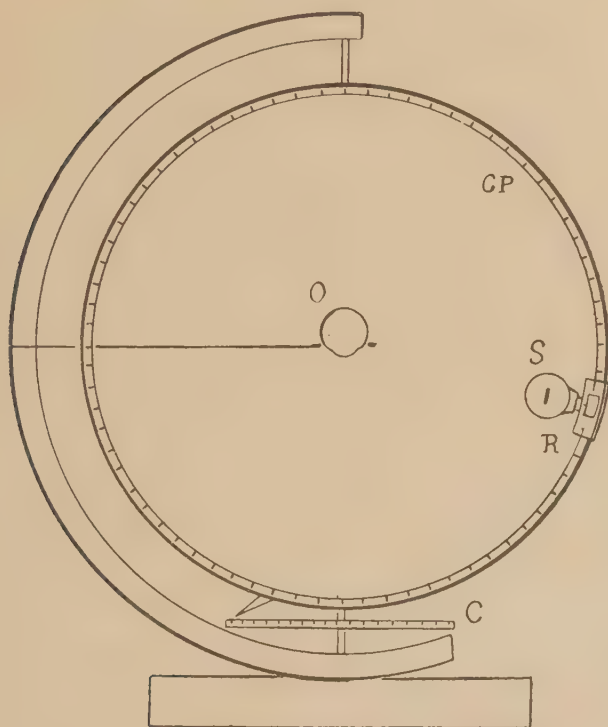


Fig. III. — Périmètre d'Alfort (*Laboratoire d'Anatomie du Professeur Bourdelle*)

- C, cercle gradué horizontal ;
- C P, grand cercle gradué mobile autour de l'axe vertical ;
- O, globe oculaire énucléé ;
- R, curseur portant la source lumineuse ;
- S, source lumineuse.

l'opérateur en suit directement l'image sclérale, une vis bloque le curseur et permet de faire les lectures.

Nous sommes heureux de remercier à cette occasion MM. Poinsard, dont les grandes connaissances techniques ont permis l'établissement de cet appareil.

Périmètre à bras mobile

Par la suite les essais ont été faits aussi avec un appareil d'un principe tout différent, auquel nous avons pensé pour la périmétrie humaine, et que nous avons trouvé réalisé par un médecin italien, le D^r Giuseppe de Vincentiis. Le D^r Smeesters a décrit cet appareil : Il se compose d'un anneau métallique porté par un pied en fonte ; sur cet anneau est emboîté un second anneau mobile glissant autour du premier de 0 à 180 degrés. A son sommet, ce second anneau porte un disque gradué de 5 en 5 degrés, qui porte lui-même une tige mobile qui pointe en avant sur une longueur de 1 m. 20 et que le médecin dirige au moyen d'une poignée courte. Au bout de la tige une baguette faisant angle droit avec elle porte la mire colorée. La tête du patient se place dans l'anneau de façon que l'œil examiné soit juste en son centre.

Le système des anneaux étant gênant pour nos essais, en limitant le champ d'excursion de la mire à 90° de chaque côté, nous avons fait porter l'axe de la longue tige, ou bras périmétrique, par une forte pièce coudée à l'angle droit ; cette pièce est mobile autour d'un axe perpendiculaire à celui du bras périmétrique qu'il permet d'amener dans toutes les positions autour de la tête. Le bras périmétrique peut ainsi être manœuvré

dans tous les méridiens et décrire dans chaque méridien un cercle complet ; la position du méridien est indiquée par un cadran gradué que porte la base de l'instrument. Cette base est telle qu'elle permet de placer l'axe principal horizontalement, pour opérer comme à l'aide d'un périmètre ordinaire, ou verticalement, le bras se dirigeant en bas pour les examens des globes isolés, portés par leur bague, la cornée tournée vers le sol. On a sous cette forme un périmètre de très grand rayon et aussi peu encombrant que possible. La mire est remplacée par une puissante lampe électrique.

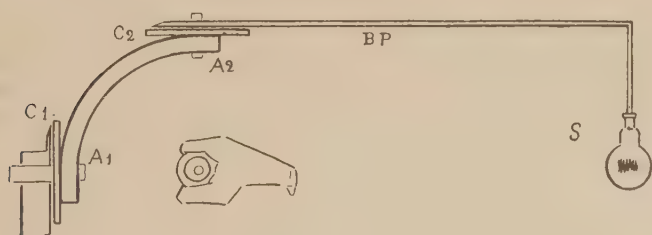


Fig. IV. — Périmètre à bras mobile

BP, bras périmétrique mobile ;
S, source lumineuse ;
A₁, axe de rotation principal ;
A₂, axe de rotation du bras mobile ;
C₁ et C₂, cadrans gradués en degrés.

La manœuvre en est rapide : l'opérateur se place tout près de l'œil étudié, et il a sous les yeux les deux cadrans gradués et à portée de la main la commande de la tige périmétrique au bout de laquelle se trouve la source lumineuse.

CHAPITRE V

RÉSULTATS

Ce n'est qu'à titre d'exemples que nous donnons ici quelques résultats obtenus chez trois espèces de mammifères domestiques, que nous avons étudiées particulièrement : le chien, le cheval et le lapin.

Les mesures ont été faites selon la technique indiquée, c'est-à-dire en laissant autant que possible les yeux en place, et en complétant l'étude par une énucléation et une dénudation totale du globe oculaire.

Champ visuel anatomique monoculaire

Les champs visuels monoculaires ont été étudiés sur l'œil énucléé et porté par l'anneau de suspension ; il n'y est donc pas tenu compte de l'obstacle formé par les paupières et le corps clignotant. Les rétractions des tissus qui se produisent sitôt le sacrifice de l'animal déforment beaucoup la fente palpébrale et rendent l'examen non seulement très difficile mais aussi inexact que

l'ablation complète des paupières. Un autre obstacle dont le champ monoculaire obtenu ne tient pas compte, est constitué par le nez ou le museau : il y a là une région de l'espace qui échappe à la vue chez un grand nombre d'animaux comme chez l'homme : les oiseaux à bec long et effilé, seuls sans doute, n'ont pas cet hiatus prémandibulaire du champ visuel, dont nous espérons reprendre l'étude de plus près.

Le champ visuel humain a été obtenu par la méthode subjective ordinairement employée pour sa recherche : c'est donc un champ « physiologique ». Ceux des animaux ont été étudiés par la méthode « anatomique ». Il serait intéressant, en appliquant la méthode anatomique à un œil humain, de comparer ses résultats au champ visuel physiologique : ce rapprochement donnerait une idée de la précision des mesures obtenues chez l'animal.

En parallèle avec le champ visuel monoculaire humain se trouvent les champs visuels du chien, du cheval et du lapin, donnés pour chaque œil, d'après un champ typique, et représentés de façon telle que l'observateur prend la place du sujet, homme ou animal, et voit à sa droite l'étendue du champ droit et à gauche, l'étendue du champ gauche dans l'espace. Nous n'avons pas précisé ici l'étendue de la tâche aveugle, c'est-à-dire de l'endroit où l'image transclérale se formant au niveau du disque optique, disparaissait : la diffusion de l'image par l'épaisseur de la sclérotique et l'apparition constante d'une zone illuminée au pourtour de l'insertion du nerf, rendait la détermination de cette étendue par trop

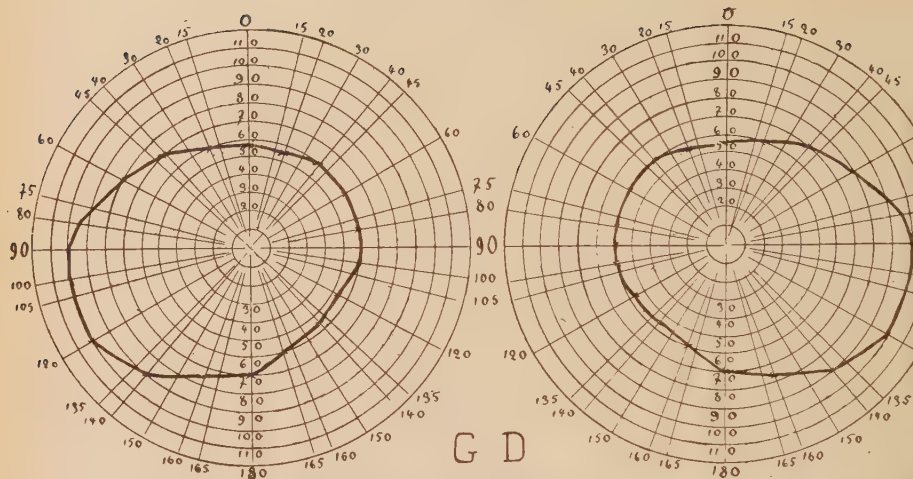


Fig. V. — Champ visuel monoculaire physiologique de l'homme

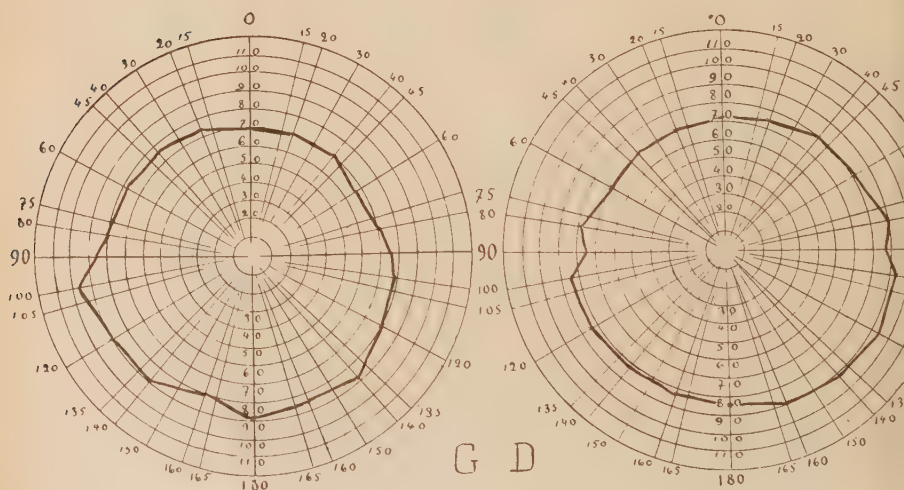


Fig. VI. — Champ visuel monoculaire anatomique du chien

Les schémas ont été projetés arbitrairement au delà de 90° en raison de la grande étendue de certains champs visuels monoculaires.

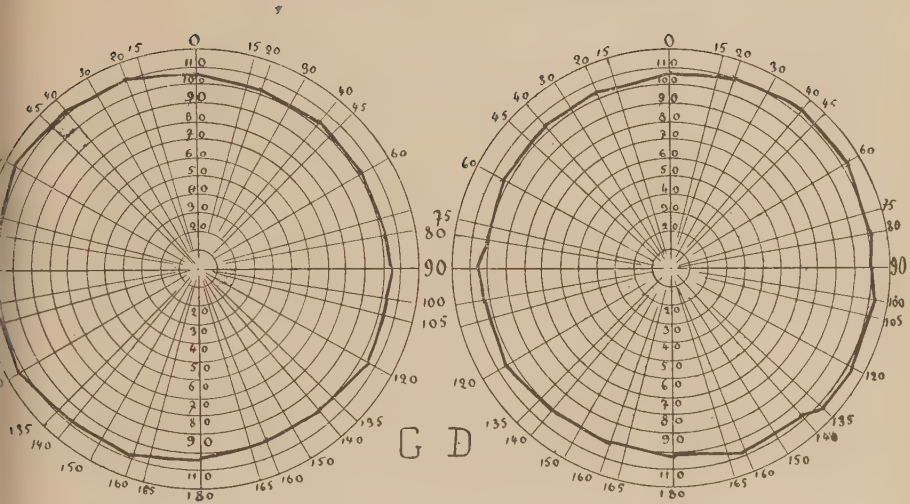


Fig. VII. — Champ visuel monoculaire anatomique du cheval

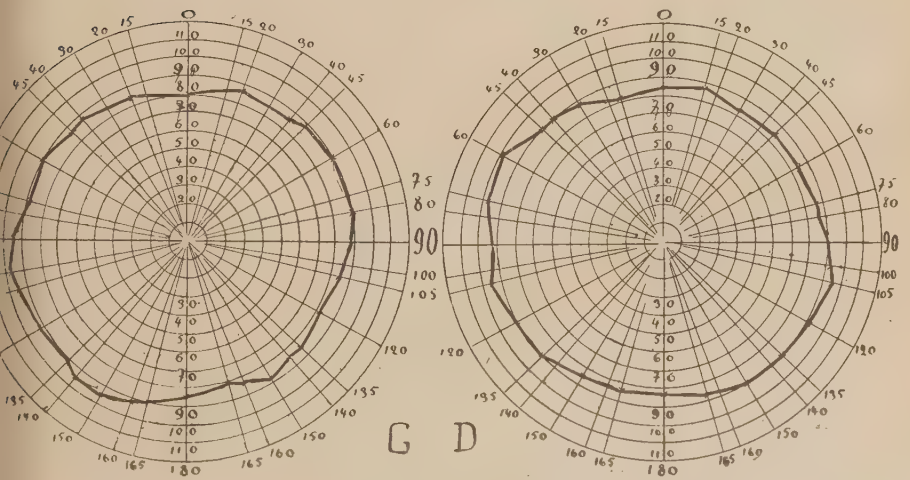


Fig. VIII. — Champ visuel monoculaire anatomique du lapin

incertaine. Notons aussi que chez le cheval, la forme très allongée de la pupille ne semble pas avoir d'influence sur la forme du champ visuel.

Champ visuel anatomique binoculaire

Le champ visuel commun aux deux yeux est indiqué dans le plan horizontal ; un schéma analogue à celui qui représenterait la superposition plus ou moins grande des champs monoculaires l'un sur l'autre, serait plus complet mais dans la pratique, nous nous sommes heurté à des difficultés, et même à des résultats inattendus chez les animaux dont les yeux sont très fortement dirigés en dehors, qui nous ont incité à les soumettre à des vérifications ultérieures.

Pour l'homme, le champ binoculaire est établi d'après les indications classiques : pour le chien et le lapin, il a été obtenu par l'examen des images transclérales données à la fois dans les deux yeux par une source lumineuse dont les positions ont été représentées sur un cercle dont la tête occupe le centre. Pour le cheval, l'examen des yeux en place étant difficilement compatible avec une dénudation suffisante du globe, le champ commun aux deux yeux a été construit d'après l'étendue nasale des champs visuels monoculaires rapportés en place en faisant coïncider leur centre avec les axes optiques dont l'angle est donné par les auteurs ; et nous avons eu l'occasion de voir que ce mode de détermination avait donné des résultats d'un degré de précision déjà fort intéressant pour une première approximation. Ce champ bino-

culaire du cheval est donc déterminé dans un plan un peu plus incliné vers le bas que celui de l'homme ou du chien mais il passe, bien au-dessus du nez, à la partie supérieure du chanfrein ; ce plan correspond d'ailleurs au grand axe de la fente palpébrale et de l'ouverture pupillaire.

L'angle indiqué sur le cercle périmétrique marque le point où la limite du champ visuel coupe ce cercle : elle n'indique l'ouverture exacte de l'angle du champ que pour une tête tout à fait petite, et elle n'est juste que pour le cercle sur lequel elle est portée. Si la base, c'est-à-dire la distance entre les deux yeux, a une certaine longueur comme chez le cheval, l'indication donnée par rapport au centre du cercle, devient tout à fait relative. Les schémas sont rapportés à un cercle périmétrique unique, qui est celui de nos mesures, il nous a semblé d'ailleurs impossible de figurer les têtes des animaux dans leurs proportions en conservant au dessin une netteté suffisante.

L'Homme nous montre ainsi des champs monoculaires de 160° , 60° du côté nasal et 100° environ du côté temporal (fig. 5) un champ binoculaire de 120° et un champ total de 200° , environ, (fig. 9).

Le Chien a un champ monoculaire anatomique de 160° , soit 75° du côté nasal et 85° du côté temporal, (fig. 6) ; un champ binoculaire de 80° (fig. 10) et un champ total d'environ 240° . Jusqu'à une distance de 60 millimètres des yeux, c'est-à-dire posée sur le nez de l'animal, la source lumineuse donne une image binoculaire.

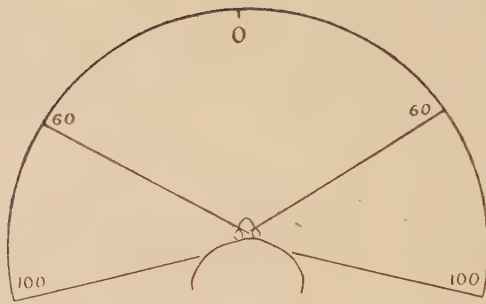


Fig. IX. — Champ visuel binoculaire et champ visuel total (physiologiques) de l'homme, dans le plan horizontal

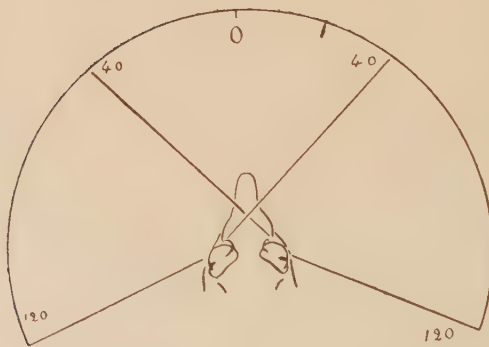


Fig. X. — Champ visuel binoculaire et total (anatomiques) du chien dans le plan horizontal

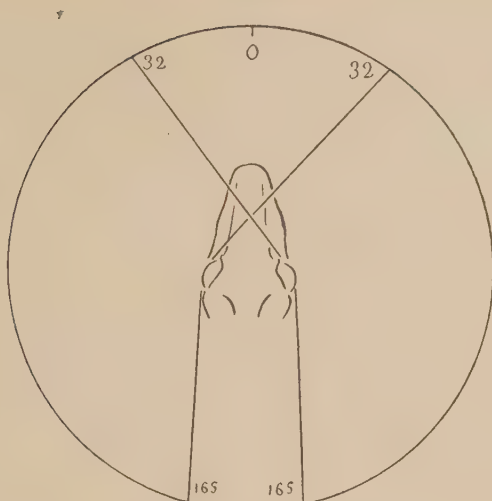


Fig. XI. — Champ visuel binoculaire et total (anatomiques) du cheval, dans un plan légèrement incliné en avant sur l'horizontale

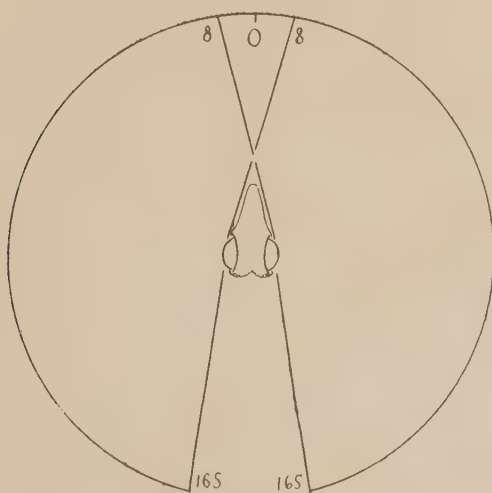


Fig. XII. — Champ visuel binoculaire et total (anatomiques) du lapin, dans le plan horizontal

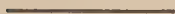
Il est peut-être intéressant de noter l'égalité de valeur du champ monoculaire dans le plan horizontal chez l'homme et chez le chien. Les animaux étudiés n'étaient pas de race pure, mais des chiens errants, qui, de l'avis du savant morphologiste qu'est le professeur Bourdelle, constituent un type assez bien défini. La définition du chien étudié a une grosse importance en ce qui concerne l'orientation des axes oculaires, qui varient beaucoup d'une race à l'autre et c'est à ce manque de définition que nous attribuons les grosses différences entre les valeurs de l'angle des axes oculaires donnés par les auteurs.

Le Cheval a un champ monoculaire très étendu, il atteint environ 215° , 105° du côté nasal et 110° du côté temporal, (fig. 7) et la construction basée sur une ouverture des axes optiques de 130° , nous a donné un champ binoculaire supérieur à 70° , (fig. 11) de plus, en raison du grand écartement des yeux de cet animal, les rayons qui limitent en arrière les champs de chaque œil doivent être bien près d'être parallèles.

Le Lapin a un champ monoculaire anatomique de 185° , 90° du côté nasal et 95° du côté temporal (fig. 8). Jusqu'à 90 millimètres des yeux, soit au niveau du bout du nez, la source lumineuse donne une image binoculaire. Le champ binoculaire ne mesure qu'environ 16° , mais la position latérale des yeux, l'angle optique étant évalué généralement à 170° , leur permet de voir presque tout autour d'eux sans bouger la tête (fig. 12), et, si l'existence d'un champ visuel postérieur n'est pas démontrée,

elle ne paraît pas impossible, en faisant intervenir une légère divergence des yeux qu'il faudrait appeler ici convergence postérieure.

Cette convergence postérieure est aussi possible chez le cheval.



CONCLUSIONS

La méthode et les appareils employés pour l'étude générale du champ visuel des vertébrés ont fait le principal objet de ce travail : les résultats ont été donnés à titre d'exemples pour en illustrer l'exposé ; ce sont des déterminations approximatives et non pas des faits d'interprétation physiologique intangible.

Pour établir des résultats solides, il sera nécessaire de serrer de plus près la recherche du champ visuel en général, en tenant compte exactement des obstacles naturels, tels que les paupières ou le nez ; et de donner une représentation de l'aire du champ visuel binoculaire dans l'espace, dans la série des vertébrés.

La technique des mesures est certainement susceptible de nombreuses améliorations qui augmenteront la précision de ses résultats, de même que de nouvelles mesures pourront élargir la question à toute la série des vertébrés étudiés au point de vue comparatif. Il faudrait pouvoir mesurer l'étendue du champ commun sur les yeux en place dans l'orbite pour tous les animaux, et reprendre, surtout chez le vivant, par des méthodes optiques telles que celles de Tscherning, la mesure de l'angle que forment entre eux les axes oculaires. L'an-

gle que forment entre eux l'axe optique et l'axe visuel dans la série des vertébrés sera ainsi remis à l'étude pour permettre de préciser d'un nouveau point de vue le champ visuel binoculaire.

Enfin une étude du plus haut intérêt serait celle du plan principal de la vision, c'est-à-dire du plan où s'exerce le regard dans la position habituelle de la tête, plan que nous avons considéré provisoirement comme sensiblement horizontal chez les animaux que nous avons étudiés, mais qui serait à déterminer : la question s'élargit d'ailleurs immédiatement jusqu'au sens de l'orientation, les travaux de Girard ayant montré que ce plan de moindre effort de la tête correspond à l'orientation horizontale du canal semi-circulaire horizontal.

Quoiqu'il en soit et une fois faites ces remarques sur nos résultats, il semble bien établi actuellement que tous les vertébrés, sauf peut-être quelques types aberrants, par exemple le requin-marteau, le caméléon, quelque latéralement que soient dirigés leurs globes oculaires, possèdent un champ de vision dans lequel l'image d'un objet se forme dans les deux yeux à la fois : il y a là une certaine étendue de vision binoculaire probable, mais dont l'interprétation ne permet nullement de décider de l'existence d'une fusion analogue à celle de l'homme, ni de la nature des perceptions centrales.

Ce champ binoculaire est d'autant plus restreint que les yeux sont plus latéraux, mais l'animal regagne en champ visuel total ce qu'il perd en champ commun et il n'est pas impossible que certaines espèces voient, sans bouger la tête, tout autour d'eux.

Chez aucun vertébré « les champs visuels ne sont entièrement indépendants l'un de l'autre, toujours ils se superposent quelque peu dans le prolongement de la tête, c'est-à-dire dans le sens de direction de l'animal. Le premier usage du champ visuel binoculaire serait donc de guider la progression. » De plus, l'existence d'un champ binoculaire ne semble nullement liée à celle d'un entrecroisement partiel des fibres des nerfs optiques, pas plus que l'indépendance des pupilles chez les oiseaux ne semble liée à une indépendance de leurs champs visuels ; il y a là un problème encore bien obscur des connexions avec les centres cérébraux.

Aussi l'étude approfondie du champ visuel dans ses divers caractères depuis l'homme jusqu'au plus simple des vertébrés, — les invertébrés étant encore plus difficiles à étudier, — est une préface nécessaire à l'étude des voies optiques et des relations de la rétine avec les centres percepteurs corticaux, tant il est vrai, dans ces questions surtout, que « la physiologie est le flambeau qui doit éclairer l'anatomie. »

Vu, le Doyen,
H. ROGER.

Vu, le Président,
Charles RICHET.

Vu et permis d'imprimer :
Le Recteur de l'Académie de Paris
APPELL.

BIBLIOGRAPHIE

1826. MULLER. — Vergleichende Physiologie des Gesichtsinnes. Leipzig et Bonn.

1877. GROSSMANN und MAYERHAUSEN. — Beiträge zur Lehre des Gesichtsfeldes bei Säugethieren (*Archiv für Ophthalmologie* Band 23 Abt. 3).

1883. KOSCHEL. — Über Form. Lage und Grössenverhältnisse der Orbita, des Bulbus und des Crystallins unserer Hausthiere (*Zeitschrift für vergl. Augenheilkunde*),

1900. BAYER. — Augenheilkunde, Vienne.

— DEXLER. — In Zeitschrift für vergleichende Augenheilkunde Band VII Heft 2 et 3.

1901. LINDSAY-JOHNSON. — Comparative anatomy of the mammalian eye. Londres.

1902. TSCHERMAK. — Studien über das Binocularsehen der Wirbeltieren (*Archiv der Gesamte Physislogie* Band 91).

1903. KALT. — Champ visuel des vertébrés (*Encyclopédie Française d'Ophthalmologie*, t. II, p. 902).

1910. — TSCHERMAK. — Das Sehen der Wirbelthiere, speziell des Hausthiere (*Tierärztliche Zentrallblatt*. Vienne).

(Nous citons pour mémoire ce travail qu'il nous a été impossible de nous procurer).

1912. C. HESS. — Vergleichende Physiologie des Gesichtsinnes (Iena 1912).

1912. PUTTER. — Organologie des Auges (Leipzig, 1912).

1914. TSCHERMAK. — Wie die Tiere sehen, verglichen mit dem Menschen. Vorträge des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse (Wien, janvier 1914).

1918. ROCHON-DUVIGNEAUD. — Relations fonctionnelles des deux yeux dans les divers types de vertébrés (*Soc. d'Ophthalmologie de Paris*, 11 avril 1918).

1919. ROCHON-DUVIGNEAUD. — Quelques données sur la fovea des oiseaux (*Soc. d'Ophthalmologie de Paris*).

1920. — ROCHON-DUVIGNEAUD. — La situation des fovea simples et des fovea doubles dans la rétine des oiseaux et le problème de leurs relations fonctionnelles (*Annales d'Oculistique* novembre 1920).

1921. SMEESTERS. — Le champ visuel des névroses traumatiques. (*Clin. Ophthalmologique*, mars 1921).

1921. — ROCHON-DUVIGNEAUD. — Contribution à la physiologie de la vision chez la chouette chevêche (*Annales d'Oculistique*, août 1921).

1922. — ROCHON-DUVIGNEAUD. — Une méthode de détermination du champ visuel chez les vertébrés. Quelques résultats obtenus par cette méthode. Leurs conséquences (*Annales d'Oculistique*, août 1922).

1923. ROCHON-DUVIGNEAUD. — Topographie et fonction des fovea centrales et latérales chez les oiseaux pourvus de deux fovea rétinienne. Lignes de vision binoculaire et de vision indépendante (*Annales d'Oculistique*, octobre 1923).

1924. ROCHON-DUVIGNEAUD. — Lignes visuelles des fovea centrales à vision indépendante et des fovea latérales à vision associée chez le faucon crécerelle (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 30 juin 1924).